

УДК 621.371

**Старушенко Тарас, студент
НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”**

ОЦІНКА ФАЗИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО СИГНАЛУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЛЮДИНИ ЗА ОПТИЧНО НЕПРОЗОРОЮ ПЕРЕШКОДОЮ

В роботі розглянуто питання, щодо характеристики сигналу, що проходить крізь стіни та відбитий від людини. Проведено оцінку фаз електромагнітних сигналів відбитих від різних перешкод для вирішення задачі моніторингу біологічних об'єктів за оптично непрозорими перешкодами.

Ключові слова: радіолокація, фаза сигналу, діелектрична проникність, коефіцієнт відбиття, коефіцієнт проходження.

Taras Starushenko

THE ASSESSMENT OF ELECTROMAGNETIC SIGNAL PHASE FOR HUMAN DETECTION BEHIND OPTICALLY OPAQUE OBSTACLES

The characteristics of the signal that passes through the wall and beats off the human were reviewed in the current study. The assessment of electromagnetic signal's phase reflected from different barriers for human detection behind optically opaque obstacles was done.

Keywords: radar, signal phase, dielectric constant, reflection coefficient, transmission coefficient.

Для виявлення людини за перешкодою необхідно оцінити фазу електромагнітної хвилі. Електромагнітна хвиля з передавача потрапляє на перешкоду після чого частина сигналу відбивається від неї зі зміною фази, а частина проходить.

У нескінченному однорідному середовищі можливе існування лише хвилі, яка розповсюджується від джерела збудження. Відбивання спостерігається тільки при наявності неоднорідності, зміни параметрів середовища. Для дослідження основних закономірностей і параметрів відбивання розглянемо найпростішу модель відбивання плоскої хвилі від границі розділу двох середовищ.[1]

Відбита від перешкоди хвиля представляє собою добуток хвилі що потрапила на перешкоду та комплексного коефіцієнту відбиття. Таким чином для оцінки фази відбитої електромагнітної хвилі необхідно розрахувати коефіцієнт відбиття, його аргумент.[2]

Розрахована фаза як міра інформативності надасть нам можливість стверджувати сигнал від якого об'єкту потрапляє на приймач від перешкоди чи від людини.

На рисунку 1 показано відбиття сигналу від перешкоди. Перешкода являє собою суцільну цегляну стіну товщиною d .

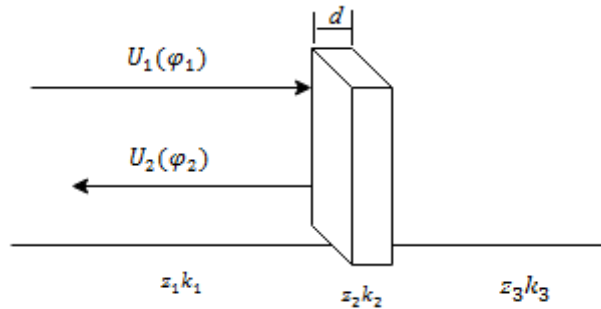


Рис. 1. Схематичне відбиття сигналу від перешкоди

Комплексний коефіцієнт відбиття розраховано за формулою:[3]

$$\dot{\Gamma} = \frac{z_2(z_3 - z_1) + j(z_2^2 - z_1 z_3) \operatorname{tg} k_2 d}{z_2(z_3 + z_1) + j(z_2^2 + z_1 z_3) \operatorname{tg} k_2 d} \quad (1.1)$$

де z_1, z_3 - хвильові опор середовища повітря, k_2 - хвильове число середовища перешкоди, d - товщина перешкоди.

У випадку $z_3 = z_1$ формула набуває вигляду:

$$\dot{\Gamma} = \frac{j(z_2^2 - z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d}{z_2 z_1^2 + j(z_2^2 + z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d} \quad (1.2)$$

Для розрахунку використані наступні дані $d = 0.3$ м, частота випромінювання $f = 5$ ГГц, що відповідає довжині хвилі $\lambda = 0.06$ м, діелектрична проникність середовища $\varepsilon = 5.86$, магнітна проникність $\mu = 1$.

Хвильові опори розраховуються за формулою:[2]

$$z_i = \sqrt{\frac{\mu_i}{\varepsilon_i}} \quad (1.3)$$

де μ - магнітна проникність, ε - діелектрична проникність, i - номер середовища.

Хвильове число k_2 для другого середовища розраховано за формулою:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda_2} \quad (1.4)$$

де λ_2 - довжина хвилі в середовищі перешкоди і розраховується як:

$$\lambda_2 = \frac{\lambda}{\sqrt{\mu \varepsilon}} \quad (1.5)$$

Для визначення фази необхідно знайти аргумент комплексного коефіцієнту відбиття. Для цього помножимо його на спряжене.

$$\dot{\Gamma} = \frac{j(z_2^2 - z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d}{z_2 z_1^2 + j(z_2^2 + z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d} * \frac{z_2 z_1^2 - j(z_2^2 + z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d}{z_2 z_1^2 - j(z_2^2 + z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d} \quad (1.6)$$

Спростимо вираз для виділення дійсної та явної частин.

$$\dot{\Gamma} = \frac{(z_2^2 - z_1^2)(\operatorname{tg} k_2 d)^2 (z_2^2 + z_1^2) + j(z_2^2 - z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d z_2 z_1^2}{(z_2 z_1^2)^2 + (z_2^2 + z_1^2)^2 (\operatorname{tg} k_2 d)^2} \quad (1.7)$$

Виділимо дійсну та уявну частини.

$$\dot{\Gamma} = \frac{(z_2^2 - z_1^2)(\operatorname{tg} k_2 d)^2 (z_2^2 + z_1^2)}{(z_2 z_1^2)^2 + (z_2^2 + z_1^2)^2 (\operatorname{tg} k_2 d)^2} + j \frac{(z_2^2 - z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d z_2 z_1^2}{(z_2 z_1^2)^2 + (z_2^2 + z_1^2)^2 (\operatorname{tg} k_2 d)^2} \quad (1.8)$$

Підставивши використані для розрахунку дані отримаємо:

$$\dot{\Gamma} = -0.55 + j0.28 \quad (1.9)$$

Отримаємо аргумент даного числа:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{-0.55}{0.28} + \pi = 153^\circ \quad (1.10)$$

Таким чином можна зробити висновок, що при відбитті електромагнітної хвилі з частотою $f = 5$ ГГц від перешкоди у вигляді цегляної стіни завтовшки $d = 0.3$ м фаза сигналу зміниться на величину 153° .

Біологічний об'єкт такий як людина на відміну від стіни має інші характеристики, а саме діелектричну проникність, яка впливає на фазу хвилі відбитої від неї. На рисунку 1.2 показано відбиття електромагнітної хвилі від людини.

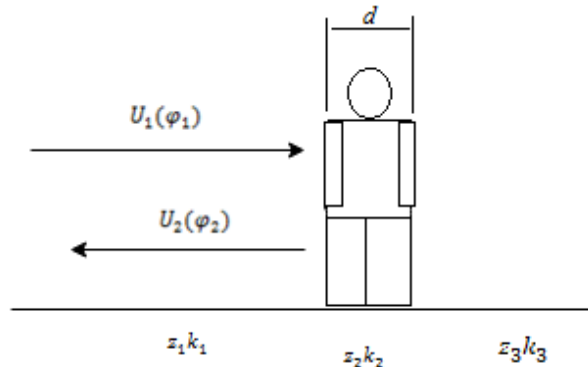


Рис. 2. Схематичне відбиття сигналу від людини

Тому аналогічно до випадку з перешкодою розрахуємо фазу електромагнітної хвилі від людини для того щоб показати її відмінність від фази хвилі відбитої від перешкоди.

Для розрахунку використані наступні дані $d = 0.3$ м, частота випромінювання $f = 5$ ГГц, що відповідає довжині хвилі $\lambda = 0.06$ м, діелектрична проникність об'єкту $\varepsilon = 44$, магнітна проникність $\mu = 1$.

Скориставшись формулою (1.8) з попередніх розрахунків

$$\dot{\Gamma} = \frac{(z_2^2 - z_1^2)(tgk_2d)^2(z_2^2 + z_1^2)}{(z_2z_1^2)^2 + (z_2^2 + z_1^2)^2(tgk_2d)^2} + j \frac{(z_2^2 - z_1^2)tgk_2dz_2z_1^2}{(z_2z_1^2)^2 + (z_2^2 + z_1^2)^2(tgk_2d)^2}$$

Отримаємо:

$$\dot{\Gamma} = -0.93 + j0.175 \quad (1.11)$$

Отримаємо аргумент даного числа:

$$\varphi = \arctg \frac{-0.93}{0.175} + \pi = 169^\circ \quad (1.12)$$

При відбитті електромагнітної хвилі з частотою $f = 5$ ГГц від людини завтовшки $d = 0.3$ м фаза сигналу зміниться на величину 169° .

Розраховані дані показують, що електромагнітні хвилі відбиті від перешкоди та від людини різні за фазою, тому при моніторингу біологічних об'єктів за перешкодами враховують фазу одержаного на приймач сигналу.

Література

1. Родос Л. Я. Электродинамика и распространение радиоволн (Распространение радиоволн): учеб.-метод. комплекс (учебное пособие) / Л. Я. Родос. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2007. – 90 с.
2. Баскаков С. И. Электродинамика и распространение радиоволн / С. И., Баскаков. – М: Высшая школа, 1992. – 416с.
3. Електронний курс лекцій КПІ «Теорія поля» [Електронний ресурс]